

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
09. Januar 2025 (09.01.2025)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2025/008080 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

C25B 1/04 (2021.01) C25B 15/08 (2006.01)
C25B 15/029 (2021.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2024/025177

(22) Internationales Anmeldedatum:
05. Juni 2024 (05.06.2024)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
23020323.4 03. Juli 2023 (03.07.2023) EP

(71) Anmelder: LINDE GMBH [DE/DE]; Dr.-Carl-von-Linde-Str. 6-14, 82049 Pullach (DE).

(72) Erfinder: DIETZEN, Markus; c/o Linde GmbH, IP EMEA, Dr.-Carl-von-Linde-Str. 6-14, 82049 Pullach (DE).

KUNZE, Eckehardt; c/o Linde GmbH, IP EMEA, Dr.-Carl-von-Linde-Str. 6-14, 82049 Pullach (DE). WINKLER, Florian; c/o Linde GmbH, IP EMEA, Dr.-Carl-von-Linde-Str. 6-14, 82049 Pullach (DE). GAUBE, Gerald; c/o Linde GmbH, IP EMEA, Dr.-Carl-von-Linde-Str. 6-14, 82049 Pullach (DE). CHROMIK, Karsten; c/o Linde GmbH, IP EMEA, Dr.-Carl-von-Linde-Str. 6-14, 82049 Pullach (DE). MEUSEL, Ronald; c/o Linde GmbH, IP EMEA, Dr.-Carl-von-Linde-Str. 6-14, 82049 Pullach (DE). STOFFREGEN, Torsten; c/o Linde GmbH, IP EMEA, Dr.-Carl-von-Linde-Str. 6-14, 82049 Pullach (DE). WERNER, Thorsten Bernd; c/o Linde GmbH, IP EMEA, Dr.-Carl-von-Linde-Str. 6-14, 82049 Pullach (DE). SCHULZE, Wolfram; c/o Linde GmbH, IP EMEA, Dr.-Carl-von-Linde-Str. 6-14, 82049 Pullach (DE).

(54) Title: METHOD FOR OPERATING AN ELECTROLYSIS PLANT, AND ELECTROLYSIS PLANT

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER ELEKTROLYSEANLAGE UND ELEKTROLYSEANLAGE

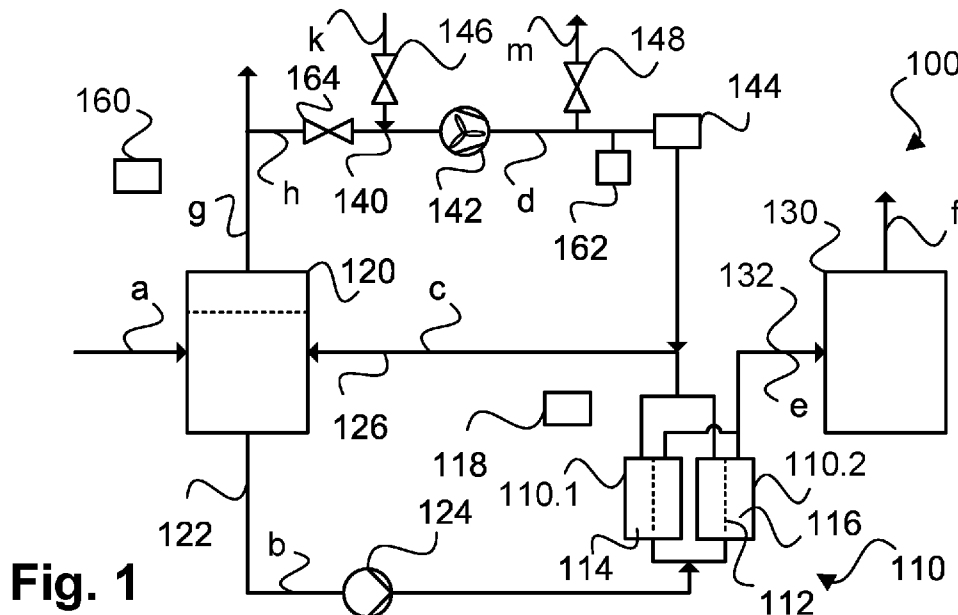


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for operating an electrolysis plant (100) in which water is converted into oxygen and hydrogen in an electrolysis unit (110). A processed fluid flow (c) is guided from an oxygen side (114) of the electrolysis unit to a gas separator (120), and the processed fluid flow (c) has water and gas. An oxygen-containing fluid flow (g, h) is discharged from the gas separator (120), said oxygen-containing fluid flow having gas, and the oxygen-containing fluid flow (h, d) is supplied to an oxygen region of the electrolysis plant (100). If necessary, ambient air (k) is supplied to the oxygen-containing fluid flow (h) at a supply point (140) before the fluid flow is supplied to the oxygen region of the electrolysis plant (100), or the oxygen-containing fluid flow (h) is replaced with ambient air (k) before the fluid flow is supplied to the oxygen region of the electrolysis plant (100). The invention also relates to a corresponding electrolysis plant (100).



WO 2025/008080 A1

(74) **Anwalt: IMHOF, Dietmar**, c/o Linde GmbH, Intellectual Property EMEA, Dr.-Carl-von-Linde-Str. 6-14, 82049 Pullach (DE).

(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Elektrolyseanlage (100), in der Wasser in einer Elektrolyseeinheit (110) in Sauerstoff und Wasserstoff umgesetzt wird, wobei ein prozessierter Fluidstrom (c) von einer Sauerstoffseite (114) der Elektrolyseeinheit zu einem Gas-Abscheider (120) geführt wird, wobei der prozessierte Fluidstrom (c) Wasser und Gas aufweist, wobei ein sauerstoffhaltiger Fluidstrom (g, h) von dem Gas-Abscheider (120) abgeführt wird, wobei der sauerstoffhaltige Fluidstrom Gas aufweist, wobei der sauerstoffhaltige Fluidstrom (h, d) einem Sauerstoffbereich der Elektrolyseanlage (100) zugeführt wird, und wobei, bei Bedarf, dem sauerstoffhaltigen Fluidstrom (h) an einer Zuführstelle (140) vor der Zufuhr zum Sauerstoffbereich der Elektrolyseanlage (100) Umgebungsluft (k) zugeführt wird oder der sauerstoffhaltige Fluidstrom (h) vor der Zufuhr zum Sauerstoffbereich der Elektrolyseanlage (100) durch Umgebungsluft (k) ersetzt wird. Die Erfindung betrifft auch eine entsprechende Elektrolyseanlage (100).

Beschreibung

Verfahren zum Betreiben einer Elektrolyseanlage und Elektrolyseanlage

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Elektrolyseanlage zur Wasserelektrolyse, sowie eine solche Elektrolyseanlage, die z.B. zur Gewinnung von
5 Wasserstoff eingesetzt wird.

Stand der Technik

10 Zur Gewinnung von Wasserstoff kann die sog. Elektrolyse eingesetzt werden, bei der z.B. Wasser durch elektrische Energie in Sauerstoff und Wasserstoff aufgespaltet bzw. umgesetzt wird. Hierbei wird auch von der Wasser-Elektrolyse gesprochen. Hier kommt z.B. die sog. Protonen-Austausch-Membran-Elektrolyse (PEM-Elektrolyse, "Proton Exchange Membrane"-Elektrolyse) in Betracht. In diesem Zusammenhang ist auch von PEM-Elektrolyseanlagen oder PEM-Elektrolyseuren die Rede.

15 Ein Großteil des Wassers verbleibt bei der PEM-Elektrolyse in der Regel auf der Sauerstoffseite der Membran. Während der Wasserstoff auf der anderen Seite der Membran erzeugt und abgeführt wird, verbleibt der Sauerstoff zunächst im Wasser und wird danach typischerweise in einem Behälter aus dem Wasser abgeschieden. Der
20 Druck an der Kathode (Wasserstoffseite bzw. Wasserstoffbildung) liegt hier typischerweise bei über 20 barg. An der Anode (Sauerstoffseite bzw. Wasseraufspaltung) liegt der Druck des Sauerstoffproduktes hingegen unterhalb des Druckes auf der Kathodenseite, z.B. leicht über Atmosphärendruck.

25 Es kann jedoch vorkommen, dass auch Wasserstoff zu einem gewissen Teil auf die Sauerstoffseite zurück diffundiert oder anderweitig, z.B. aufgrund Defekten oder Rissen in der Membran, dorthin gelangt. Es kann ein explosives Gemisch entstehen, das sich unter Umständen entzünden und durch die entstehende Explosion die Elektrolyseanlage beschädigen kann. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Aufgabe,
30 eine Elektrolyseanlage bzw. deren Betrieb sicherer zu machen.

Durch den Druckunterschied zwischen den Elektroden kann es zu einem konstanten Wasserstoffübergang (sog. „cross over“) durch die Membran kommen. Dadurch kann

es in bestimmten Betriebsszenarien (z.B. Teillast, Anfahren, Abfahren, Stillstand einzelner Elektrolysezellen bzw. sog. Stacks) zu einer Wasserstoffansammlung auf der Sauerstoffseite der Elektrolyse kommen, während die Elektrolyseeinheiten in Betrieb sind.

5

Eine Wasserstoff-Leckage durch Membran-Perforation von der Kathodenseite mit z.B. mehr 20 barg auf die Anodenseite kann auch als Folge unerkannter Membran-Defekte auftreten, während die Elektrolysezellen in Betrieb sind. Ein Membran-Riss kann zu einem schlagartigem Übergang größerer Mengen an Wasserstoff von der

10 Kathodenseite auf die Anodenseite führen.

All diese Szenarien führen zu einem Explosionsrisiko. Die sog. untere Entzündungsgrenze (UEG, oder untere Explosionsgrenze LEL, „lower explosive limit“) von Wasserstoff liegt bei ca. 4 Vol.%. Ab 50% des UEG (2 Vol.% Wasserstoff) muss die Elektrolyseanlage in der Regel abgeschaltet und in einen sicheren Zustand überführt werden.

15

Aus der EP 3 971 324 A1 ist z.B. eine Elektrolyseanlage bekannt, bei der Inertgas in den Sauerstoffproduktstrom eingebunden wird, um die Wasserstoffkonzentration zu reduzieren.

20

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Aufgabe, eine bessere Möglichkeit anzugeben, bei der Wasser-Elektrolyse, z.B. der PEM-Elektrolyse, das Explosionsrisiko zu senken und so den Betrieb der Elektrolyseanlage zu verbessern.

25

Offenbarung der Erfindung

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zum Betreiben einer Elektrolyseanlage sowie eine Elektrolyseanlage mit den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche gelöst.

30

Ausgestaltungen sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche sowie der nachfolgenden Beschreibung.

Vorteile der Erfindung

Die Erfindung beschäftigt sich mit der Wasser-Elektrolyse sowie Elektrolyseanlagen bzw. deren Betrieb hierfür. Solche Elektrolyseanlagen dienen typischerweise dem Erzeugen oder Gewinnen von Wasserstoff mittels Elektrolyse. Bei der sog. Wasser-Elektrolyse wird Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff umgesetzt (gespalten), d.h.
5 neben Wasserstoff wird also zugleich auch immer Sauerstoff gewonnen bzw. erzeugt. Bei der Wasser-Elektrolyse gibt es z.B. die sog. alkalische Wasser-Elektrolyse (AEL, "Alkaline Electrolysis") oder die sog. Protonen-Austausch-Membran-Elektrolyse (PEM-Elektrolyse, "Proton Exchange Membrane"-Elektrolyse). Die Grundlagen hierzu sind an sich bekannt, z.B. aus "Bessarabov et al: PEM electrolysis for Hydrogen production.
10 CRC Press."

Daneben gibt es auch sog. Festoxid-Elektrolyseurzellen (SOEC, "Solid Oxide Electrolysis Cell") und die Anionen-Austausch-Membran-Elektrolyse (AEM-Elektrolyse, "Anion Exchange Membrane"-Elektrolyse). Insbesondere diejenigen Elektrolyse-
15 Technologien, die bei niedrigen Temperaturen erfolgen, also z.B. die PEM-, AEL- und AEM-Elektrolyse, eignen sich aufgrund der Möglichkeiten eines flexiblen Betriebs zur Unterstützung des Übergangs der Energiegewinnung hin zu erneuerbaren Energien.

Bei der PEM-Elektrolyse z.B. wird Wasser, und zwar insbesondere demineralisiertes
20 Wasser, als Einsatzmedium einer Elektrolyseeinheit mit einer Protonen-Austausch-Membran (PEM) zugeführt, in der das Einsatzmedium, also das Wasser, in Wasserstoff und Sauerstoff umgesetzt (gespalten) wird.

Ein Großteil des Wassers verbleibt bei der PEM-Elektrolyse, wie erwähnt, in der Regel
25 auf der Sauerstoffseite der Membran. Während der Wasserstoff auf der anderen Seite der Membran erzeugt und abgeführt wird, verbleibt der Sauerstoff zunächst im Wasser und wird danach typischerweise, als prozessierter Fluidstrom, einem Behälter (der als Gas- bzw. Sauerstoff-Abscheider verwendet wird) zugeführt. Dort wird der Sauerstoff aus dem Wasser abgeschieden, es wird ein sauerstoffhaltiger Fluidstrom oder ein sog.
30 Sauerstoffproduktstrom erhalten.

Es kann jedoch vorkommen, dass auch Wasserstoff zu einem gewissen Teil auf die Sauerstoffseite zurück diffundiert oder anderweitig, z.B. aufgrund Defekten oder Rissen in der Membran, dorthin gelangt, wie eingangs erläutert. Der von der Sauerstoffseite
35 abzuführende Fluidstrom (prozessierter Fluidstrom) weist damit nicht nur Wasser und

Sauerstoff, sondern ggf. auch Wasserstoff auf, allgemein also Wasser und Gas; unter dem Begriff Gas soll hier allgemein gasförmiges Medium, nicht nur ein einzelnes Gas, sondern auch ein ggf. vorhandenes Gasgemisch verstanden werden. Auf der Sauerstoffseite der Elektrolyseeinheit bzw. im Fluidstrom kann also ein explosives

5 Gemisch entstehen, das sich unter Umständen irgendwo in der Elektrolyseanlage stromabwärts der Elektrolyseeinheit entzünden kann, sei es im Fluidstrom zum Sauerstoff- bzw. Gas-Abscheider oder danach im dort abgeschiedenen und abgeführten Gasstrom (es wird dann eben nicht nur der Sauerstoff, sondern auch der ggf. vorhandene Wasserstoff abgeschieden). Durch die entstehende Explosion bzw.

10 Detonation kann die Elektrolyseanlage beschädigt werden.

Eine Entzündung des Gemisches kann insbesondere dann auftreten, wenn ein Anteil an Wasserstoff im Gas (der Wasseranteil ist hierbei nicht relevant) einen gewissen vorgegebenen Anteil, die sog. untere Explosionsgrenze (LEL, „lower explosive limit“)

15 überschreitet; dieses liegt z.B. bei einem Standby-Betrieb oder Betrieb der Elektrolyseanlage mit geringer Last typischerweise bei ca. 4%. Die (untere) Explosionsgrenze eines Gases gibt den Gehalt in einem Gasgemisch an, ab dem eine Entzündung bzw. Explosion bei zugleich ausreichendem Sauerstoffgehalt möglich ist.

20 Da eine Zündquelle in der Elektrolyseeinheit oder irgendwo stromabwärts in aller Regel nicht ausgeschlossen oder vermieden werden kann, muss mit einer potentiellen Entzündung bzw. Explosion oder Detonation beim Betrieb einer Elektrolyseanlage immer gerechnet werden. Bei einer Explosion handelt es sich um einen unkontrollierten Abbrand eines zündfähigen Gasgemischs mit laminarer Flammenfront. Eine Explosion

25 unterscheidet sich von einer Detonation im Wesentlichen durch die Geschwindigkeit der Ausbreitung.

Die Reaktion zwischen Wasserstoff und Sauerstoff läuft sehr schnell ab und erzeugt sehr hohe Flammengeschwindigkeiten, d.h. hohe Geschwindigkeiten, mit denen sich

30 die Flammen z.B. in entsprechenden Fluidverbindungen oder Fluidleitungen ausbreiten. Bei einer Explosion liegt diese unterhalb, bei einer Detonation typischerweise oberhalb der Schallgeschwindigkeit. Durch Explosionen und Detonationen von Gasen bzw. Gasgemischen kommt es zu einem massiven Druckanstieg. Typischerweise kann bei einer Explosion eines Wasserstoff-Sauerstoff -

35 Gemisches mit einer Druckerhöhung um den Faktor Zehn gerechnet werden. Die

- Auswirkungen einer Detonation sind deutlich schwerwiegender und weniger genau vorhersagbar. Hier kann der Druckanstiegsfaktor 25 oder auch 50 und mehr betragen, dies ist abhängig von der Geometrie, Turbulenz und weiteren Faktoren. Eine Explosion kann nach einer bestimmten Anlaulänge und einer Mindestkonzentration an Brennstoff und Sauerstoff in eine Detonation umschlagen. Es können also Drücke entstehen, die teils das 25-fache, 50-fache und mehr des eigentlichen Betriebsdrucks in der Elektrolyseanlage, dort insbesondere der Sauerstoffseite und dem Verlauf stromabwärts, ggf. auch stromaufwärts, betragen.
- 10 Um also etwaige Schäden an der Elektrolyseanlage zu vermeiden, können die betreffenden Fluid- oder Gasleitungen für entsprechend hohe Drücke ausgelegt und die Eignung durch Tests nachgewiesen werden. Je nach Elektrolyseanlage und Verwendung des Sauerstoffs, können hierbei sehr viele oder lange Leitungen betroffen sein. Dies betrifft nicht nur die Fluidleitungen von der Elektrolyseeinheit zum Gas-
- 15 Abscheider, sondern auch etwaige Gasleitungen, in denen der abgeschiedene Sauerstoff (und ggf. Wasserstoff) zu einer oder mehreren gewünschten Verwendungen oder sonstigen Verarbeitungsschritten geführt wird. Dies kann zu besonders hohen Kosten führen.
- 20 Unabhängig davon ist, wie erwähnt, in der Regel vorgesehen, die Elektrolyseanlage abzuschalten, wenn der Wasserstoffanteil einen gewissen Wert, z.B. 2 Vol. %, erreicht, um etwaige Explosionen oder Detonationen zu verhindern.
- Vor diesem Hintergrund wird nun vorgeschlagen, bei einer Elektrolyseanlage wie
- 25 vorstehend beschrieben, in den sauerstoffhaltigen Fluidstrom – der wie erwähnt nicht nur Sauerstoff sondern eben auch einen gewissen Anteil an Wasserstoff enthalten kann – wieder dem Sauerstoffbereich der Elektrolyseanlage, also z.B. dem prozessierten Fluidstrom und/oder dem Gas-Abscheider, zuzuführen. Hierzu kann z.B. ein Gebläse verwendet werden.
- 30 Zudem wird vorgeschlagen, bei Bedarf, vor der Zufuhr des sauerstoffhaltigen Fluidstroms zum Sauerstoffbereich der Elektrolyseanlage, Umgebungsluft zuzuführen. Die Zufuhr der Umgebungsluft kann an einer geeigneten Zuführstelle erfolgen, insbesondere vor dem Gebläse. Es wird also ein Rezirkulationskreis erzeugt, der zur

Umgebung offen ist bzw. bei Bedarf zur Umgebung geöffnet werden kann, sodass Umgebungsluft einströmen kann.

Dabei kann insbesondere die Wasserstoff-Konzentration überwacht werden, und zwar
5 einerseits z.B. kontinuierlich oder quasi-kontinuierlich, und andererseits z.B. analytisch.
Hierzu kann z.B. eine geeignete Sicherheitseinrichtung mit Messeinrichtung oder
Sensor vorgesehen sein. Die Wasserstoff-Konzentration kann z.B. im prozessierten
Fluidstrom, und zwar bevorzugt nach der Zuführstelle und vor der Zufuhr zum
Sauerstoffbereich Elektrolyseanlage, überwacht werden.

10

Wenn bei der Überwachung festgestellt wird, dass die Wasserstoff-Konzentration einen
vorgegebenen Schwellwert, z.B. die schon erwähnten 2 Vol-%, übersteigt, kann
wenigstens eine Sicherheitsmaßnahme eingeleitet werden; dies kann z.B. ebenfalls
durch die Sicherheitseinrichtung erfolgen. Dies kann insbesondere das Abschalten der
15 Elektrolyseeinheit bzw. der einzelnen Elektrolysezellen umfassen, ebenso das
Unterbrechen des prozessierten Fluidstroms von der Sauerstoffseite der
Elektrolyseeinheit zu dem Gas-Abscheider und damit auch zum Rezirkulationskreis.
Besonders bevorzugt ist als Sicherheitsmaßnahme vorgesehen, dass die Zufuhr der
Umgebungsluft in den sauerstoffhaltigen Fluidstrom erfolgt. Hierzu kann also der
20 Rezirkulationskreis, z.B. mittels eines Ventils, geöffnet werden.

Auf diese Weise bzw. mit Hilfe dieser Konfiguration kann zu jedem Zeitpunkt ein
Anstieg der Wasserstoff-Konzentration im Sauerstoffteil der Elektrolyse auf über UEG
(4 Vol-%) verhindert werden. Geltende Normen und Vorschriften zum sicheren Betrieb
25 einer Wasserstoffanlage können damit eingehalten werden, die Bildung einer
explosionsfähigen Atmosphäre wird verhindert.

Durch die Öffnung des Rezirkulationskreis für einen Zustrom von atmosphärischer Luft
zum Sauerstoffproduktstrom muss also kein Inertgas-Strom in den
30 Sauerstoffproduktstrom eingebunden werden. Vielmehr kann besonders einfach und
kostengünstig atmosphärische Luft über eine Schaltarmatur in den Rezirkulationskreis
eingebunden werden

Mit Hilfe der Öffnung des Sauerstoffproduktstroms zur atmosphärischen Luft kann die
35 Wasserstoffkonzentration wirksam auf ein Niveau unterhalb der unteren

Explosionsgrenze (UEG) von 4% begrenzt werden, d.h. der Rezirkulationskreis sorgt in der vorgeschlagenen Konfiguration lediglich dafür, dass ausreichend Reaktionszeit geschaffen wird, um einen Anstieg der Wasserstoffkonzentration im Sauerstoffteil der Elektrolyse oder PEM-Elektrolyse auf über die UEG (4 Vol.-%) zu verhindern und ggf.
5 eine Abschaltung der Elektrolyseeinheit bei z.B. 50% des UEG (2 Vol.-% Wasserstoff) sicherzustellen.

In Ausführungsformen kann der (analytisch überwachte) Sauerstoffproduktstrom (bzw. der sauerstoffhaltige Fluidstrom) am Austritt der Elektrolysezellen anodenseitig an
10 unterschiedlichen Positionen wieder in das Sauerstoffsystm bzw. in den Sauerstoffbereich eingebunden werden. So kann der Sauerstoffproduktstrom z.B. in eine Sammelleitung, die unterschiedliche Elektrolysezellen oder Elektrolyseeinheiten verbindet, zurückgeführt werden. Dabei können für alle Funktionselemente innerhalb des Rezirkulationskreises die erhöhten Anforderungen an die technische Ausführung,
15 die aus einem Explosionsrisiko resultieren, reduziert werden. Ebenso denkbar ist die Einbindung des Sauerstoffproduktstroms (bzw. des sauerstoffhaltigen Fluidstrom) direkt in den Gas-Abscheider (eine sog. Sauerstoff-Wasser-Phasenseparator).

Es hat sich gezeigt, dass mit der vorgeschlagenen Konfiguration die
20 Wasserstoffkonzentrationen an unterschiedlichen Positionen innerhalb des Rezirkulationskreises, der z.B. über die gemeinsame Sammelleitung mit dem Gas-Abscheider verbunden ist, die UEG nicht überschreitet. Zunächst stellt sich innerhalb des Rezirkulationskreises als Ergebnis des Lastzustandes der Elektrolyseure und damit aufgrund des erwähnten „Crossovers“ eine Wasserstoff-Konzentration, von z.B.
25 1% Wasserstoff im rezirkulierenden Sauerstoffstrom ein. Wird ein Membranversagen an einem Stack unterstellt, wird die damit verbundene zusätzliche Wasserstoff-Menge in kurzer Zeit in den Rezirkulationsstrom eingebracht und reichert dann als konstanter Wasserstoffstrom das Sauerstoff-System kontinuierlich an. Im Ergebnis führt das Membranversagen zu einem Übergang von Wasserstoff von der Kathodenseite auf die
30 Anodenseite der PEM und damit ins Sauerstoffsystm, typischerweise mit einem steilen Anstieg der Wasserstoffkonzentration. Dieser Anstieg kann durch einen besonderes schnell reagierenden Wasserstoff-Analysator (z.B. einen kontinuierlichen Laser, oder Spektralanalyse) zum Zeitpunkt bereits bei einer Zeit von 10s nach dem Membranversagen identifiziert werden.

So kann innerhalb weniger Sekunden, z.B. nach 10 s ein Membrandefekt und ein damit verbundener Anstieg der Wasserstoff-Konzentration im Sauerstoffsystm sicher detektiert werden. Durch geeignete Maßnahmen, nämlich durch Öffnung des Loops (Kreislaufs) für eine Frischluftzufuhr wird dann der Anstieg der Wasserstoff-

5 Konzentration im Loop auf unter UEG begrenzt.

Eine sicherheitsgerichtete Schaltung oder allgemein eine Überwachungseinrichtung kann dann das Abschalten der Elektrolysezellen, eine Unterbrechung des Sauerstoffzustromes von den Elektrolysezellen in den Rezirkulationskreis und die

10 Öffnung des Rezirkulationskreises auf der Saugseite des Gebläses für atmosphärische Frischluft einleiten, während das Gebläse z.B. bei konstantem Durchsatz weiter betrieben wird. Durch die Öffnung des Rezirkulationskreises für atmosphärische Luft, auf der Saugseite des Gebläses, wird der Gasstrom aus Wasserstoff und Sauerstoff im Rezirkulationskreis (d.h. der sauerstoffhaltige Fluidstrom) mit atmosphärischer Luft

15 verdünnt oder insbesondere sogar durch atmosphärischer Luft ersetzt und der Anstieg der Wasserstoff-Konzentration sofort begrenzt. Dies ergibt einen steilen Abfall der Wasserstoff-Konzentration an der Detektor-Position im Rezirkulationskreis.

Der Rezirkulationskreis sollte dabei so dimensioniert sein, dass das vorhandene

20 Gasvolumen einen Anstieg der Wasserstoff-Konzentration in der Schleife des Rezirkulationskreises für die Dauer eines Umlaufes auf unter (4 Vol-%) begrenzt.

Anhand einer Analyse bzw. Zusammenfassung aller relevanten Betriebsfälle hat gezeigt, dass die untere Explosionsgrenze (4 Vol-%) für keinen Betriebsfall

25 überschritten wird, d.h. ein Explosionsrisiko für den Rezirkulationskreis kann mit Hilfe der vorgeschlagenen technischen Lösung ausgeschlossen werden.

Außerdem hat sich gezeigt, dass sich die Erhöhung der Wasserstoff-Konzentration im Rezirkulationskreis rechtzeitig, z.B. mindestens 10 s (je nach Anlage) vorher,

30 bemerkbar macht, bevor die Konzentration in dem eigentlichen Sauerstoffproduktstrom die UEG überschreitet. Es bleibt somit ausreichend Zeit für die Sicherheitsmaßnahmen.

Durch die vorgeschlagene Konfiguration kann mit geringem apparativem Aufwand und

35 minimalen Betriebskosten ein explosionstechnisch sicheres System aufgebaut werden,

das die Anzahl der ansonsten explosionsdruckfest auszuführenden Ausrüstungen und Rohrleitungsbauteile und dergleichen im Sauerstoff-System der Elektrolyseanlage, z.B. zur PEM-Elektrolyse, deutlich begrenzt und eine Nutzung des Nebenproduktes der PEM Elektrolyse, Sauerstoff, ohne Verschleppung der Explosionsrisiken in
5 nachfolgende Systeme, z.B. Sauerstoff -Verdichtung und/oder Sauerstoff-Reinigung und dergleichen möglich macht.

In einer Ausführungsform weist die Elektrolyseanlage zudem einen Rekombinationsreaktor auf. Der sauerstoffhaltige Fluidstrom wird dann, bevor er dem
10 Sauerstoffbereich der Elektrolyseanlage zugeführt wird, durch den Rekombinationsreaktor geführt bzw. geleitet. Mittels eines Rekombinationsreaktors (oder auch nur als Rekombinator oder als Rekombinationskatalysator bezeichnet) können Wasserstoff und Sauerstoff katalytisch in Wasser umgesetzt werden. Auf diese Weise kann die Sicherheit des Rezirkulationskreises weiter erhöht werden.
15 Hierbei kann z.B. eine Temperaturüberwachung der stark exothermen Reaktion z.B. mittels Temperaturelement im Reaktorbett des Rekombinationsreaktors als Ergänzung zu der unter beschriebenen Analyse der Wasserstoffkonzentration herangezogen werden. So können z.B. die Anforderungen an die Sensorik und Aktorik innerhalb des Rezirkulationskreises reduziert werden.

20 Dabei wirkt die Anordnung des Rekombinationsreaktors stromabwärts des Gebläses aufgrund der höheren Temperaturen als Folge der Druckerhöhung begünstigend auf die zu erwartende Wasserstoff-Umsetzung im Rezirkulationsstrom, Um den Rekombinationsreaktor vor Kondenswasser zu schützen, ist es
25 zweckmäßig, diesen ca. 10 bis 20K oberhalb des Wassertaupunktes zu betreiben. Somit ist ggf., bei nicht ausreichender Kompressionswärme des Rezirkulators, eine Vorwärmung vor dem Rekombinationsreaktors vorzusehen. Des Weiteren ist es zweckmäßig, das Reinstwasser vor Katalysatorstäuben zu schützen. Somit wird in der nachfolgenden Kühlstrecke des Rekombinators anfallendes Kondensatwasser
30 verworfen oder einer Reinigung zugeführt, sowie geeignete Filter eingesetzt, um das Prozesswasser der Elektrolyse vor Kontamination zu schützen.

Als Rekombinationsreaktionsreaktoren bzw. Rekombinationskatalysatoren eignen sich z.B. Platin- oder Palladium- Katalysatoren oder aber Mischkatalysatoren aus den

genannten Edelmetallen, welche z.B. auf keramischen oder metallischen Trägern aufgebracht sind.

In einer Ausführungsform ist zudem vorgesehen, einen Teil des sauerstoffhaltigen Fluidstroms, nach der Zuführstelle und bevor er dem Sauerstoffbereich der Elektrolyseanlage zugeführt wird, zur anderweitigen Verwendung abzuführen. Hierzu kann z.B. eine zusätzliche Schaltarmatur vorgesehen sein. Damit kann eine Nutzung des Nebenproduktes der Elektrolyse, nämlich Sauerstoff, ohne Verschleppung der Explosionsrisiken in nachfolgende Systeme, eine Sauerstoff-Verdichtung oder Sauerstoff-Reinigung ermöglicht werden. Im Falle einer Detektion von Wasserstoff oberhalb des Schwellwertes im Rezirkulationskreis für die Sicherheitsabschaltung kann dann zusätzlich durch Schließen des Verbindungsventils zur Sauerstoffnachbereitung, eine Verunreinigung der nachgeschalteten Sauerstoffaufbereitung durch atmosphärische Luft verhindert werden.

Wenngleich die Erfindung vorwiegend in Bezug auf die PEM-Elektrolyse beschrieben wird, so sei darauf hingewiesen, dass sich die Erfindung für alle Wasser-Elektrolysen eignet, bei denen die Gefahr eines zündfähigen Gemisches aus Wasserstoff und Sauerstoff besteht.

Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die beigefügte Zeichnung näher erläutert, welche eine Anlage gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

Figur 1 zeigt schematisch eine erfindungsgemäßen Elektrolyseanlage in einer bevorzugten Ausführungsform.

Ausführliche Beschreibung der Zeichnung

In Figur 1 ist schematisch eine erfindungsgemäße Elektrolyseanlage 100 in einer bevorzugten Ausführungsform dargestellt, bei der auch ein erfindungsgemäßes Verfahren durchführbar ist. Beispielfhaft handelt es sich um eine Elektrolyseanlage zur Wasser-Elektrolyse mittels PEM. Insbesondere handelt sich bei der hier gezeigten

sowie allgemein im Rahmen der Erfindung beschriebene Elektrolyseanlage um eine Elektrolyseanlage im industriellen Maßstab, um z.B. Wasserstoff in industriellem Maßstab zu gewinnen. Eine typische Leistung einer solchen Elektrolyseanlage liegt z.B. bei mehr als 10 MW oder auch mehr als 20 MW.

5

Die Elektrolyseanlage 100 weist eine Elektrolyseeinheit (oder Stack) 110 auf, die hier beispielhaft zwei sog. Elektrolysezellen 110.1, 110.2 aufweist, in denen jeweils eine Protonen-Austausch-Membran (PEM) 112 vorgesehen ist. Die PEM 112 trennt die Elektrolysezellen jeweils in eine Sauerstoffseite 114 und eine Wasserstoffseite 116.

10 Die Sauerstoffseiten 114 und die Wasserstoffseiten 116 können gemeinsam jeweils als Sauerstoffseite bzw. Wasserstoffseite der Elektrolyseeinheit 110 angesehen werden. Weiterhin weist die Elektrolyseanlage 100 eine Energieversorgungseinheit 118 z.B. mit einem oder mehreren Transformatoren und Stromrichtern auf, um die Elektrolyseeinheit 110 bzw. die Elektrolysezellen entsprechend betreiben zu können.

15

Es sei erwähnt, dass eine Elektrolyseeinheit 110 je nach Größe und Bedarf z.B. auch nur eine oder auch mehr als zwei Elektrolysezellen aufweisen kann, z.B. auch vier, sechs, acht oder mehr Elektrolysezellen. Die Energieversorgungseinheit 118 kann z.B. auch je Elektrolysezelle je einen Transformator und einen Stromrichter aufweisen;

20 ebenso kann z.B. ein Transformator zwei Stromrichtern zugeordnet sein.

Die Elektrolyseanlage 100 weist weiterhin einen Behälter 120 auf, der als Gas-Abscheider, hier insbesondere als Sauerstoff-Abscheider bzw. Sauerstoff-Wasser-Abscheider dient. Der Behälter 120 ist über eine Fluidverbindung mit der

25 Elektrolyseeinheit 110 bzw. dort jeder der Elektrolysezellen 110.1, 110.2 verbunden. Hierdurch kann ein Fluidstrom b aus dem Behälter 120 zur Elektrolyseeinheit gepumpt werden, z.B. mittels einer Pumpe 124, und zwar über eine geeignete Fluidverbindung 122, z.B. Rohre. Je nach Art der Elektrolyseanlage und z.B. der Anzahl der Elektrolysezellen können auch mehrere Fluidverbindungen (d.h. separate Leitungen)

30 vorgesehen sein. Beispielsweise kann z.B. eine Fluidverbindung für zwei oder vier Elektrolysezellen vorgesehen sein.

Die Elektrolyseeinheit 110 ist zudem über eine Fluidverbindung 126, z.B. Rohre, mit dem Behälter 120 verbunden. Durch die Fluidverbindung 126 kann ein Fluidstrom c

35 aus der Elektrolyseeinheit 110, dort der Sauerstoffseite 114 bzw. der Sauerstoffseite

einer jeden Elektrolysezelle, zum Behälter 120 gepumpt werden; hierfür kann ebenfalls die Pumpe 124 ausreichend sein. Je nach Art der Elektrolyseanlage und z.B. der Anzahl der Elektrolysezellen können auch hier mehrere Fluidverbindungen (d.h. separate Leitungen) vorgesehen sein. Beispielsweise kann z.B. eine Fluidverbindung
5 für zwei oder vier Elektrolysezellen vorgesehen sein.

Außerdem weist die Elektrolyseanlage 100 einen weiteren Gas-Abscheider 130, hier einen Wasserstoff-Abscheider bzw. Wasserstoff-Wasser-Abscheider auf. Die Elektrolyseeinheit 110 ist dabei über eine Fluidverbindung 128, z.B. Rohre, mit dem
10 Gas-Abscheider 130 verbunden. Durch die Fluidverbindung 128 kann ein Fluidstrom e aus der Elektrolyseeinheit 110, dort der Wasserstoffseite 116 bzw. der Wasserstoffseite einer jeden Elektrolysezelle, zum Gas-Abscheider 130 geführt werden. Je nach Art der Elektrolyseanlage und z.B. der Anzahl der Elektrolysezellen können auch hier mehrere Fluidverbindungen (d.h. separate Leitungen) vorgesehen sein.
15 Beispielsweise kann z.B. eine Fluidverbindung für zwei oder vier Elektrolysezellen vorgesehen sein. Denkbar sind auch mehrere Gas-Abscheider.

Wenngleich hier nur eine Elektrolyseeinheit 110 gezeigt ist, so können auch mehrere davon vorgesehen sein, z.B. je nach Größe und Leistung der Elektrolyseanlage 100.
20 Mehrere Elektrolyseeinheiten können dann z.B. trotzdem an einen gemeinsamen Behälter zur Gas- bzw. Sauerstoff-Abscheidung und/oder einen gemeinsamen Wasserstoff-Abscheider angeschlossen sein. Ebenso können aber weitere Behälter zur Gas- bzw. Sauerstoff-Abscheidung sowie Wasserstoff-Abscheider vorgesehen sein.

Bei einem Betrieb der Elektrolyseanlage 100 wird nun der Fluidstrom b, der Wasser aufweist, vom Behälter 120 zur Elektrolyseeinheit 110 gepumpt. Dort wird das Wasser in Sauerstoff und Wasserstoff umgesetzt. Hierzu wird eine elektrische Spannung an die Elektrolyseeinheit 110 angelegt, der Wasserstoff wird elektrochemisch durch die PEM 112 auf die Wasserstoffseite 116 transportiert und kann von dort, ggf. noch mit
30 Wasserdampf und einer flüssigen Wasserphase vermischt, als Strom e dem Wasserstoff-Abscheider 130 zugeführt werden. Dort kann der Wasserstoff abgeschieden werden und als Strom f z.B. für eine weitere Verwendung abgeführt oder gespeichert werden. Im Wasserstoff-Abscheider 130 abgeschiedene Wasser kann z.B. einer Behandlung zugeführt und dann wieder in den Hauptwasserkreislauf
35 zurückgeführt werden.

Der Sauerstoff verbleibt zusammen mit dem Großteil des Wassers auf der Sauerstoffseite 114. Wie erwähnt, kann auf der Sauerstoffseite 114 aber auch Wasserstoff in gewisser Menge vorhanden sein. Der entstehende Fluidstrom c weist
5 also Wasser und Gas, insbesondere Wasser, Sauerstoff und Wasserstoff, auf. Der Fluidstrom c wird, wie erwähnt, dem Behälter 120 zugeführt.

Da in der Elektrolyseeinheit 110 Wasser in Sauerstoff und Wasserstoff umgesetzt wird und der Sauerstoff und der Wasserstoff abgeführt werden, wird die Menge an Wasser
10 geringer und es kann daher – um einen kontinuierlichen Betrieb aufrechtzuerhalten – als Strom a von extern neues Wasser (sog. Make-Up-Wasser) zugeführt werden.

Dieses Wasser a kann zuvor z.B. noch aufbereitet werden, was für die vorliegende Erfindung jedoch nicht weiter relevant ist. Ebenso kann ggf. im Wasserstoff-Abscheider
15 130 abgeschiedenes Wasser wieder in den Behälter 120, ggf. ebenfalls nach vorheriger Aufbereitung, geführt werden.

Wie erwähnt, wird im Behälter 120 Gas, insbesondere Sauerstoff (und ggf. noch vorhandener Wasserstoff), vom Wasser abgetrennt; das hierbei abgetrennte bzw.
20 abgeschiedene Gas sowie kann als sauerstoffhaltiger Fluidstrom g z.B. für eine weitere Verwendung abgeführt und ggf. gespeichert werden. Wie erwähnt, kann der sauerstoffhaltige Fluidstrom g dabei nicht nur Sauerstoff sondern auch Wasserstoff aufweisen.

25 Von dem sauerstoffhaltigen Fluidstrom g kann ein (weiterer) sauerstoffhaltiger Fluidstrom h abgetrennt werden, der dann in einem Rezirkulationskreis später wieder dem Sauerstoffbereich der Elektrolyseanlage zugeführt werden soll. Denkbar ist auch, dass der gesamte sauerstoffhaltige Fluidstrom g dem Rezirkulationskreis zugeführt wird.

30 In dem Rezirkulationskreis ist beispielhaft ein Gebläse 142 vorgesehen, mittels dessen der sauerstoffhaltige Fluidstrom g angesaugt und dann weiter zum Sauerstoffbereich der Elektrolyseanlage, geblasen wird. Beispielhaft wird der sauerstoffhaltige Fluidstrom g nach dem Gebläse mit d bezeichnet, zudem durch einen Rekombinationsreaktor 144
35 geführt und dann beispielhaft in den prozessierten Fluidstrom c eingebracht, z.B. in der

gezeigten Fluidverbindung 126, an einer Stelle, wo Fluidströme aus einzelnen Elektrolysezellen bereits vereinigt sind.

Der Rekombinationsreaktor 144 kann z.B., in Richtung des Fluidstroms, den
5 eigentlichen Rekombinator, einen Nachkühler sowie einen Filter aufweisen. Etwaiges Kondensator kann vom Nachkühler z.B. abgeführt werden.

Vor dem Gebläse 142, d.h. stromaufwärts, ist eine Zuführstelle 140 vorgesehen, an der bei Bedarf Umgebungsluft k in den sauerstoffhaltigen Fluidstrom eingebracht bzw.
10 diesem zugeführt werden kann. Hierzu ist beispielhaft ein Ventil 146 vorgesehen, das bei Bedarf geöffnet werden kann, um die Umgebungsluft einströmen zu lassen. Damit kann der sauerstoffhaltige Fluidstrom h mit Frischluft bzw. Umgebungsluft verdünnt werden. Weiterhin kann, vor der Zuführstelle 140 ein Ventil Zuführstelle 164
15 vorgesehen sein, mit dem der sauerstoffhaltige Fluidstrom h unterbrochen wird. Damit kann der sauerstoffhaltige Fluidstrom h sogar durch Frischluft bzw. Umgebungsluft ersetzt werden, d.h. der Strom d ist dann ein Umgebungsluftstrom, der dem Sauerstoffbereich der Elektrolyseanlage 100 zugeführt wird. Bei dem Umgebungsluftstrom handelt es sich dann naturgemäß immer noch um einen sauerstoffhaltige Fluidstrom, jedoch ohne den Wasserstoffanteil.

20 Weiterhin kann, nach dem Gebläse 142 und vor dem Rekombinationsreaktor 144, ein Teil m des sauerstoffhaltigen Fluidstroms d, zur anderweitigen Verwendung abgeführt werden. Dazu ist beispielhaft ein Ventil 148 vorgesehen (oder eine andere Schaltarmatur). Damit kann eine Nutzung des Nebenproduktes der Elektrolyse,
25 nämlich Sauerstoff, ohne Verschleppung der Explosionsrisiken in nachfolgende Systeme, eine Sauerstoff-Verdichtung oder Sauerstoff-Reinigung ermöglicht werden.

Außerdem weist die Elektrolyseanlage 100 beispielhaft eine Steuereinheit 160 auf, mittels welcher z.B. die Elektrolyseeinheit 110 und/oder die Energieversorgungseinheit
30 118 angesteuert werden und ggf. auch überwacht werden können.

Die Steuereinheit 160 kann zudem beispielsweise als Überwachungseinrichtung dienen, um eine Wasserstoff-Konzentration im sauerstoffhaltigen Fluidstrom zu überwachen. Hierzu kann die Elektrolyseanlage 100 z.B. einen geeigneter Sensor 162
35 oder anderer Detektor aufweisen, mittels dessen die Wasserstoff-Konzentration im

sauerstoffhaltigen Fluidstrom h, z.B. nach der Zuführstelle 140 und vor der Zufuhr zum Sauerstoffbereich Elektrolyseanlage, ermittelt oder gemessen werden kann. Die Steuereinheit 160 bzw. die Überwachungseinrichtung kann dann z.B. Messsignale des Sensors erfassen und auswerten.

5

Wenn die Wasserstoff-Konzentration einen vorgegebenen Schwellwert, z.B. 2 Vol %, übersteigt, können verschiedene Sicherheitsmaßnahme eingeleitet werden. Es kann die Elektrolyseeinheit abgeschaltet werden, z.B. indem von der Steuereinheit 160 die Energieversorgungseinheit 118 entsprechend angesteuert wird. Zudem kann die

10 Zufuhr der Umgebungsluft k in den sauerstoffhaltigen Fluidstrom h erfolgen, z.B. indem ein Ventil 146 zum Öffnen angesteuert wird. Es kann auch der sauerstoffhaltige Fluidstrom vor der Zuführstelle unterbrochen und durch die Umgebungsluft ersetzt werden, z.B. indem das Ventil 164 zum Schließen angesteuert und das Ventil 146 zum Öffnen angesteuert wird. Dies umfasst dann auch die Zufuhr der Frischluft. Die

15 Steuereinheit 160 bzw. die Überwachungseinrichtung können z.B. entsprechend zum Ansteuern der Ventile eingerichtet sein.

Je nach Bedarf kann z.B. eine gewünschte Verdünnung des sauerstoffhaltigen Fluidstroms durch Umgebungsluft bis hin zum vollständigen Ersatz erfolgen; z.B. kann

20 ein Anteil von wenigstens 50% oder wenigstens 80% oder wenigstens 90% an Umgebungsluft verwendet werden. Es kann aber auch vorgesehen sein, dass standardmäßig der sauerstoffhaltige Fluidstrom immer durch Umgebungsluft ersetzt wird.

25

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Elektrolyseanlage (100), in der Wasser in einer Elektrolyseeinheit (110) in Sauerstoff und Wasserstoff umgesetzt wird,
wobei ein prozessierter Fluidstrom (c) von einer Sauerstoffseite (114)
5 der Elektrolyseeinheit zu einem Gas-Abscheider (120) geführt wird, wobei der prozessierte Fluidstrom (c) Wasser und Gas aufweist,
wobei ein sauerstoffhaltiger Fluidstrom (g, h) von dem Gas-Abscheider (120) abgeführt wird, wobei der sauerstoffhaltige Fluidstrom Gas aufweist,
wobei der sauerstoffhaltige Fluidstrom (h, d) einem Sauerstoffbereich
10 der Elektrolyseanlage (100) zugeführt wird, und
wobei, bei Bedarf, dem sauerstoffhaltigen Fluidstrom (h) an einer Zuführstelle (140) vor der Zufuhr zum Sauerstoffbereich der Elektrolyseanlage (100) Umgebungsluft (k) zugeführt wird oder der sauerstoffhaltige Fluidstrom (h) vor der Zufuhr zum Sauerstoffbereich der Elektrolyseanlage (100) durch
15 Umgebungsluft (k) ersetzt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der sauerstoffhaltige Fluidstrom (d), nach der Zuführstelle (140) und bevor er dem Sauerstoffbereich der Elektrolyseanlage (100) zugeführt wird, durch einen Rekombinationsreaktor
20 (144) geführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei ein Teil (m) des sauerstoffhaltigen Fluidstroms (d), nach der Zuführstelle (140) bevor er dem Sauerstoffbereich der Elektrolyseanlage (100) zugeführt wird, zur anderweitigen Verwendung
25 abgeführt wird.
4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei eine Wasserstoff-Konzentration im sauerstoffhaltigen Fluidstrom (h), insbesondere nach der Zuführstelle (140) und vor der Zufuhr zum Sauerstoffbereich
30 Elektrolyseanlage (100), überwacht wird, und,
wobei, wenn die Wasserstoff-Konzentration einen vorgegebenen Schwellwert, insbesondere 2 Vol %, übersteigt, wenigstens eine Sicherheitsmaßnahme eingeleitet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei die wenigstens eine Sicherheitsmaßnahme wenigstens eine der folgenden Sicherheitsmaßnahmen umfasst:
- Abschalten der Elektrolyseeinheit (110),
 - Zufuhr der Umgebungsluft (k) in den sauerstoffhaltigen Fluidstrom (h),
 - Unterbrechen des sauerstoffhaltigen Fluidstroms (h) vor der Zuführstelle (140) und Ersetzen des sauerstoffhaltigen Fluidstroms (h) durch die Umgebungsluft (k).
6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Elektrolyseanlage zur Protonen-Austausch-Membran-Elektrolyse eingerichtet ist.
7. Verfahren einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der sauerstoffhaltige Fluidstrom (h, d) dem Sauerstoffbereich der Elektrolyseanlage (100) zugeführt wird, indem der sauerstoffhaltige Fluidstrom (h, d) dem prozessierten Fluidstrom (c) und/oder dem Gas-Abscheider (120) zugeführt wird
8. Elektrolyseanlage (100) mit einer Elektrolyseeinheit (110), in der Wasser in Sauerstoff und Wasserstoff umsetzbar ist, und mit einem Gas-Abscheider (120),
- wobei die Elektrolyseanlage (100) eingerichtet ist, von einer Sauerstoffseite (114) der Elektrolyseeinheit zu dem Gas-Abscheider (120) einen prozessierten Fluidstrom (c) zu erzeugen, wobei der prozessierte Fluidstrom Wasser und Gas aufweist,
- wobei die Elektrolyseanlage (100) eingerichtet ist, einen sauerstoffhaltigen Fluidstrom (g, h) von dem Gas-Abscheider (120) abzuführen und einem Sauerstoffbereich der Elektrolyseanlage (100), insbesondere dem prozessierten Fluidstrom (c) und/oder dem Gas-Abscheider (120), zuzuführen, wobei der sauerstoffhaltige Fluidstrom Gas aufweist, und
- wobei die Elektrolyseanlage (100) eingerichtet ist, bei Bedarf, dem sauerstoffhaltigen Fluidstrom (h) an einer Zuführstelle (140) vor der Zufuhr zum Sauerstoffbereich der Elektrolyseanlage (100) Umgebungsluft (k) zuzuführen oder den sauerstoffhaltigen Fluidstrom (h) vor der Zufuhr zum Sauerstoffbereich der Elektrolyseanlage (100) durch Umgebungsluft (k) zu ersetzen.

- 5 9. Elektrolyseanlage (100) nach Anspruch 8, weiterhin mit einem Gebläse (142), wobei die Elektrolyseanlage (100) eingerichtet ist, den sauerstoffhaltigen Fluidstrom (g, h) mittels des Gebläses dem Sauerstoffbereich der Elektrolyseanlage (100) zuzuführen .
- 10 10. Elektrolyseanlage (100) nach Anspruch 8 oder 9, weiterhin mit einem Rekombinationsreaktor (144) , wobei die Elektrolyseanlage (100) eingerichtet ist, den sauerstoffhaltigen Fluidstrom (g, h,) bevor er dem Sauerstoffbereich der Elektrolyseanlage (100) zugeführt wird, durch den Rekombinationsreaktor zu führen.
- 15 11. Elektrolyseanlage (100) nach einem der Ansprüche 8 bis 10, weiterhin mit einer Überwachungseinrichtung (160), die eingerichtet ist, eine Wasserstoff-Konzentration im sauerstoffhaltigen Fluidstrom (h), insbesondere nach der Zuführstelle (140) und vor der Zufuhr zum Sauerstoffbereich Elektrolyseanlage (100), zu überwachen, und, wenn die Wasserstoff-Konzentration einen vorgegebenen Schwellwert, insbesondere 2 Vol %, übersteigt, wenigstens eine Sicherheitsmaßnahme einzuleiten.
- 20 12. Elektrolyseanlage (100) nach Anspruch 11, wobei die wenigstens eine Sicherheitsmaßnahme wenigstens eine der folgenden Sicherheitsmaßnahmen umfasst:
- 25 - Abschalten der Elektrolyseeinheit (110),
 - Zufuhr der Umgebungsluft (k) in den sauerstoffhaltigen Fluidstrom (h), insbesondere durch Öffnen eines Ventils (146) der Elektrolyseanlage,
 - Unterbrechen des prozessierten Fluidstroms (c) von der Sauerstoffseite (114) der Elektrolyseeinheit zu dem Gas-Abscheider (120) und Ersetzen des sauerstoffhaltigen Fluidstroms (h) durch die Umgebungsluft (k).
- 30 13. Elektrolyseanlage (100) nach einem der Ansprüche 8 bis 12, die zur Protonen-Austausch-Membran-Elektrolyse eingerichtet ist.
- 35 14. Elektrolyseanlage (100) nach einem der Ansprüche 8 bis 13, die eingerichtet ist, ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7 durchzuführen.

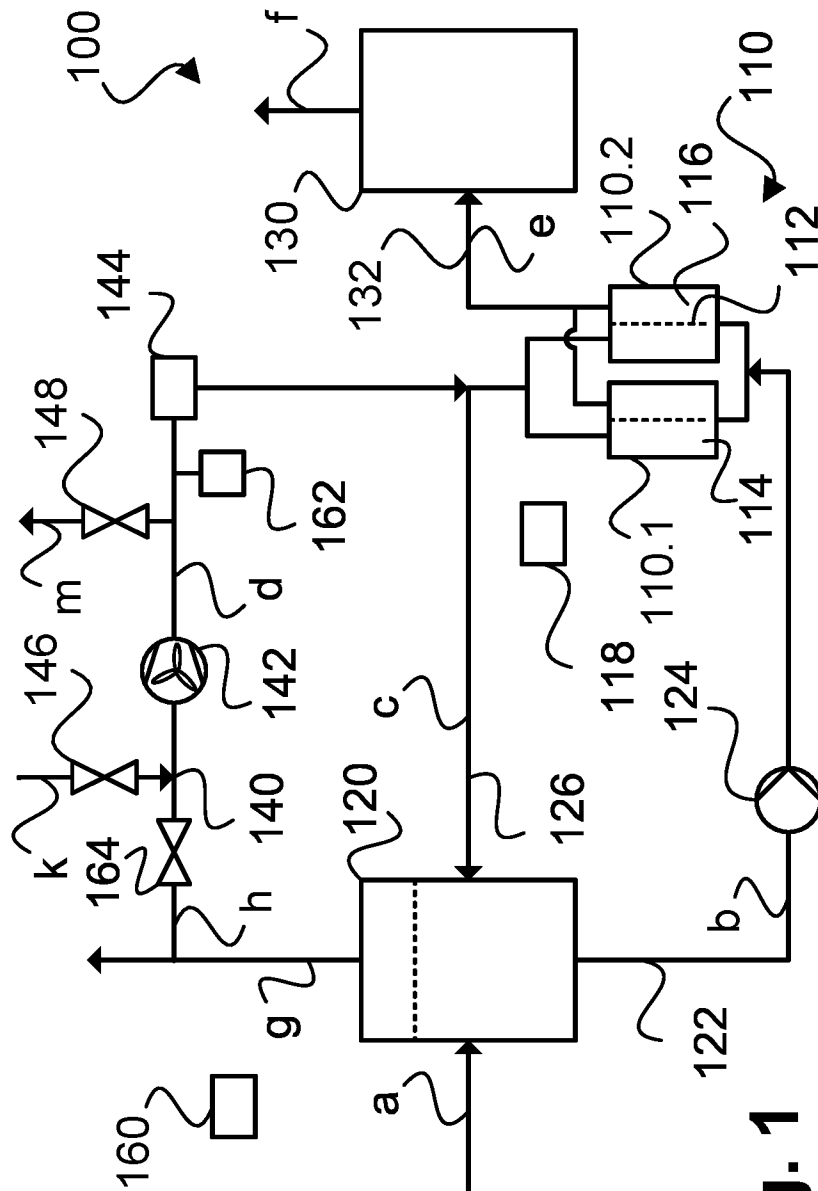


Fig. 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2024/025177

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER*C25B 1/04*(2021.01)i; *C25B 15/029*(2021.01)i; *C25B 15/08*(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C25B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2014242478 A1 (JEHLE WALTER [DE] ET AL.) 28 August 2014 (2014-08-28) the whole document	1-14
Y	DE 102020000936 A1 (LINDE GMBH [DE]) 19 August 2021 (2021-08-19) the whole document	1-14
A	CN 114000171 A (HUANENG CLEAN ENERGY RES INST ET AL.) 01 February 2022 (2022-02-01) the whole document	1-14
Y	JP 2011208259 A (HONDA MOTOR CO LTD) 20 October 2011 (2011-10-20) the whole document	1-14
A	EP 3971324 A1 (SIEMENS ENERGY GLOBAL GMBH & CO KG [DE]) 23 March 2022 (2022-03-23) cited in the application the whole document	4,5,11,12
A	EP 4123053 A1 (SIEMENS ENERGY GLOBAL GMBH & CO KG [DE]) 25 January 2023 (2023-01-25) the whole document	4,5,11,12

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

15 October 2024

Date of mailing of the international search report

23 October 2024

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands (Kingdom of the)

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Ritter, Thomas

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2024/025177

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2014242478	A1	28 August 2014	CA	2843655	A1	27 August 2014
				EP	2772976	A1	03 September 2014
				JP	6323659	B2	16 May 2018
				JP	2014165177	A	08 September 2014
				US	2014242478	A1	28 August 2014
				ZA	201400579	B	29 June 2016
DE	102020000936	A1	19 August 2021	NONE			
CN	114000171	A	01 February 2022	NONE			
JP	2011208259	A	20 October 2011	NONE			
EP	3971324	A1	23 March 2022	CN	116157554	A	23 May 2023
				EP	3971324	A1	23 March 2022
				EP	4158083	A1	05 April 2023
				US	2023349060	A1	02 November 2023
				WO	2022058078	A1	24 March 2022
EP	4123053	A1	25 January 2023	AU	2022313398	A1	18 January 2024
				CA	3226820	A1	26 January 2023
				CL	2024000143	A1	23 August 2024
				CN	117751209	A	22 March 2024
				EP	4123053	A1	25 January 2023
				EP	4334501	A1	13 March 2024
				WO	2023001422	A1	26 January 2023

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. C25B1/04 C25B15/029 C25B15/08 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) C25B		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 2014/242478 A1 (JEHLE WALTER [DE] ET AL) 28. August 2014 (2014-08-28) das ganze Dokument -----	1 - 14
Y	DE 10 2020 000936 A1 (LINDE GMBH [DE]) 19. August 2021 (2021-08-19) das ganze Dokument -----	1 - 14
A	CN 114 000 171 A (HUANENG CLEAN ENERGY RES INST ET AL.) 1. Februar 2022 (2022-02-01) das ganze Dokument -----	1 - 14
Y	JP 2011 208259 A (HONDA MOTOR CO LTD) 20. Oktober 2011 (2011-10-20) das ganze Dokument ----- - / - -	1 - 14
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung:: die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung:: die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 15. Oktober 2024		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 23/10/2024
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Ritter, Thomas

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 3 971 324 A1 (SIEMENS ENERGY GLOBAL GMBH & CO KG [DE]) 23. März 2022 (2022-03-23) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument -----	4, 5, 11, 12
A	EP 4 123 053 A1 (SIEMENS ENERGY GLOBAL GMBH & CO KG [DE]) 25. Januar 2023 (2023-01-25) das ganze Dokument -----	4, 5, 11, 12

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2024/025177

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2014242478	A1	28-08-2014	CA	2843655 A1	27-08-2014
			EP	2772976 A1	03-09-2014
			JP	6323659 B2	16-05-2018
			JP	2014165177 A	08-09-2014
			US	2014242478 A1	28-08-2014
			ZA	201400579 B	29-06-2016

DE 102020000936	A1	19-08-2021	KEINE		

CN 114000171	A	01-02-2022	KEINE		

JP 2011208259	A	20-10-2011	KEINE		

EP 3971324	A1	23-03-2022	CN	116157554 A	23-05-2023
			EP	3971324 A1	23-03-2022
			EP	4158083 A1	05-04-2023
			US	2023349060 A1	02-11-2023
			WO	2022058078 A1	24-03-2022

EP 4123053	A1	25-01-2023	AU	2022313398 A1	18-01-2024
			CA	3226820 A1	26-01-2023
			CL	2024000143 A1	23-08-2024
			CN	117751209 A	22-03-2024
			EP	4123053 A1	25-01-2023
			EP	4334501 A1	13-03-2024
			WO	2023001422 A1	26-01-2023
